

## Navigierte Korrekturarthrodese des oberen Sprunggelenks

Martinus Richter<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

#### Operationsziel

Wiederherstellung eines plantigraden, belastbaren Fußes bei Deformitäten am oberen Sprunggelenk (OSG) und gleichzeitigen degenerativen Veränderungen am OSG.

#### Indikationen

Arthrose am OSG und Fehlstellung des OSG.

#### Kontraindikationen

Floride Infektion an OSG/Rückfuß oder schwere Durchblutungsstörung.

#### Operationstechnik

Rückenlage und vorderer Zugang zum OSG. Platzierung der dynamischen Referenzbasen (DRBs) in Tibia und Talus. Zweidimensionale (2-D) Bildakquisition zur Navigation. Festlegung der Achsen der beiden Knochen Tibia und Talus, die im Verhältnis zueinander navigiert werden. Festlegung des Korrekturausmaßes anhand der präoperativen Planung. Darstellung des OSG und Entknorpelung. Navigationsgestützte Korrektur und Transfixation des Korrekturergebnisses mit zwei 2,5 mm dicken Kirschner-Drähten. Transplantation von autogener Spongiosa und nötigenfalls kortikalem Knochen in das OSG. 3-D-Bildakquisition zur Analyse der Korrekturgenauigkeit und zur Planung der Bohrungen für die Insertion von vier Schrauben (zwei par-

allel von anterolateral und je eine von posteromedial von der Tibia und transfibular in den Talus). Navigierter Bohrvorgang und Einbringen der Schrauben. 3-D-Scan zur Kontrolle der Stellung und Implantatlage. Bei korrekter Position Einlage einer Drainage und schichtweiser Wundverschluss.

#### Weiterbehandlung

6 Wochen Teilbelastung mit 15 kg in Orthese. Danach Übergang zur Vollbelastung im festen Konfektionsschuh.

#### Ergebnisse

Vom 01.09.2006 bis 31.08.2008 wurden 24 Korrekturarthrodesen durchgeführt. Die Analyse der Genauigkeit durch Vergleich der im präoperativen Computertomogramm geplanten Korrektur und der im intraoperativen ARCADIS-3D<sup>®</sup>-Scan gemessenen erreichten Korrektur zeigte eine Abweichung von maximal 2° oder 2 mm. Navigationsassoziierte Komplikationen wurden nicht beobachtet. Bei den bisher nachuntersuchten 20 Patienten trat eine zeitgerechte Durchbauung ein.

#### Schlüsselwörter

OSG-Arthrodese · Navigation · „Computer-assisted surgery“ (CAS)

Oper Orthop Traumatol 2009;21:313–22

DOI 10.1007/s00064-009-1807-3

---

<sup>1</sup>II. Chirurgische Klinik, Unfallchirurgie, Orthopädie und Fußchirurgie, Klinikum Coburg.

## Computer-Assisted Surgery-(CAS-)Guided Correction Arthrodesis of the Ankle Joint

### Abstract

#### Objective

Restoration of a stable and plantigrade foot in deformities at the ankle and concomitant degenerative changes at the ankle joint.

#### Indications

Deformities at the ankle and concomitant degenerative changes at the ankle joint.

#### Contraindications

Active local infection or relevant vascular insufficiency.

#### Surgical Technique

Supine position and anterior approach to the ankle joint. Placement of dynamic reference bases (DRBs) in tibia and talus. Two-dimensional (2-D) image acquisition for navigation. Definition of axes of tibia and talus, and of the extent of correction. Exposition of the ankle joint and removal of remaining cartilage. Computer-assisted surgery-(CAS-) guided correction and transfixation of the corrected position with two 2.5-mm Kirschner wires. Transplantation of autologous cancellous and cortical bone, if necessary. 3-D image acquisition for analysis of the accuracy of the correction and planning of the drillings for the four screws (two

parallel from anterolateral, one from posteromedial from the tibia, and one from lateral from the fibula). CAS-guided drilling and insertion of the screws. 3-D image acquisition for analysis of the accuracy of the correction and implant position. Layerwise closure.

#### Postoperative Management

Partial weight bearing with 15 kg in an orthosis for 6 weeks, followed by full weight bearing in a stable standard shoe.

#### Results

From September 1, 2006 to August 31, 2008, 24 correction ankle arthrodeses were performed. The accuracy was assessed by intraoperative 3-D imaging. All achieved angles/translations were within a maximum deviation of 2°/2 mm when compared to the planned correction. Complications that were associated with CAS were not observed. In all 20 patients that completed follow-up so far, a timely fusion was registered.

#### Key Words

Ankle joint arthrodesis · Navigation · Computer-assisted surgery (CAS)

### Vorbemerkungen

Arthrosen und Deformitäten am oberen Sprunggelenk (OSG) und Rückfuß sind häufig [3, 8]. Die degenerativen Veränderungen führen gemeinsam mit den biomechanischen Auswirkungen der Deformitäten zu Symptomen wie Schmerz und Gangstörung [3, 8]. Auch wenn eine OSG-Prothese hier teilweise ihre Berechtigung hat, ist die Korrekturarthrodese des OSG mit Schraubenfixation noch immer das Standardverfahren [3, 8]. Dabei ist die Korrektur der Deformitäten schwierig, und verbleibende Deformitäten mit entsprechenden Beschwerden finden sich häufig [3, 8]. Eine adäquate präoperative Planung ist Standard, und das Erreichen der geplanten Korrektur ist das intraoperative Ziel [3, 8]. Die präoperative Diagnostik mit Röntgenaufnahmen unter Belastung und die Computertomographie (CT) erlauben eine akkurate Planung, die durch den Einsatz von Planungssoftware noch vereinfacht und verbessert werden kann [1]. Während der Operation ist

das exakte Erreichen der geplanten Korrektur jedoch schwierig, da sich der Operateur nur mit den konventionellen Bildgebungstechniken, d.h. einem Röntgenbildverstärker, orientieren kann [6]. In anderen Gebieten der Orthopädie und Unfallchirurgie zeigte der Einsatz der Navigation („computer-assisted surgery“ [CAS]) eine Verbesserung der Genauigkeit von Korrekturen (z.B. Korrekturosteotomie der proximalen Tibia) und Implantatplatzierung (z.B. bei Pedikelschrauben) [2, 5]. Da die CT-basierte Navigation im Fußbereich bereits in vitro nicht adäquat funktionierte, wurde ein röntgenbildverstärkerbasiertes und CT-freies System klinisch eingesetzt und zeigte sehr erfolgversprechende erste Ergebnisse [6]. Diese Methode ist nun an unserer Einrichtung im Routinegebrauch. Die Kombination der Navigation, welche die Genauigkeit der Korrektur und Implantatplatzierung verbessern soll, mit der Korrekturarthrodese des OSG wird hier vorgestellt.

### Operationsprinzip und -ziel

Ziel der navigierten Korrekturarthrodese des OSG mit Schraubenfixation ist die Wiederherstellung eines plantigraden, belastbaren Fußes bei Deformitäten des OSG/Rückfußes und gleichzeitigen degenerativen Veränderungen des OSG.

### Vorteile

- Durch Korrektur des OSG wird die Stellung des OSG/Rückfußes korrigiert, was bei Arthrosen ohne Korrektur nicht der Fall ist.
- Durch Fixation mit Schrauben wird die Stabilität im Vergleich zur Verwendung von Platten erhöht [1].
- Durch Navigation wird die Genauigkeit der Korrektur und Implantatfixation im Vergleich zum nichtnavigierten Verfahren verbessert.

### Nachteile

- Die Korrekturarthrodese des OSG ist ein ausgedehnterer Eingriff als die Arthrodese ohne Korrektur.
- Die Fixation mittels Schrauben birgt das Risiko der Fehlstellung am OSG/Rückfuß und/oder der Penetration des unteren Sprunggelenks und des Talonavikulargelenks bei nicht exakter Platzierung.
- Die CAS erfordert den Einsatz teurer Navigationsgeräte und anfangs eine längere Operationszeit.

### Indikationen

- Arthrose am OSG.
- Deformität des OSG.

### Kontraindikationen

- Lokale floride Infektion.
- Schwere periphere arterielle Verschlusskrankheit.

### Patientenaufklärung

- Übliche allgemeine Operationsrisiken.
- Entnahme von kortikalem und/oder spongiösem Knochen am dorsalen Beckenkamm oder an der proximalen Tibia mit entsprechenden lokalen Beschwerden an der Entnahmestelle.
- Zusätzliche Invasivität durch Montage von zwei Referenzbasen.
- Risiko einer persistierenden oder anderweitigen Fehlstellung.
- Risiko der verzögerten oder fehlenden Durchbauung des Arthrosenbereichs.

- Hinweis auf notwendige mindestens 6-wöchige Teilbelastung.

### Operationsvorbereitungen

- Sorgfältige anamnestische und klinische Evaluation von Beschwerden und Fehlstellung.
- Überprüfung der Hautverhältnisse, Durchblutung und des neurologischen Status.
- Genaue Analyse der Fehlstellung anhand folgender Röntgenaufnahmen: Beinachsenaufnahme, OSG beidseits in zwei Ebenen mit Belastung, Saltzman-View beidseits, Füße beidseits in zwei Ebenen mit Belastung (Abbildungen 1a bis 1c).
- CT.
- Bei nicht eindeutig tastbaren Fußpulsen Doppler-Sonographie und ggf. Angiographie (digitale Subtraktionsangiographie).

### Instrumentarium und Implantate

- Knochensieb nach Standard.
- Schrauben (z.B. kanülierte 7,3-mm-Schrauben, Fa. Synthes, Umkirch).
- Sieb mit Navigationsinstrumenten.
- Navigationssystem (hier Navivision®, Fa. Brainlab, Heimstetten, in Kombination mit ARCADIS-3D®, Fa. Siemens, Erlangen). Diese Navigation funktio-



**Abbildungen 1a bis 1c**

Analyse und Planung anhand von Belastungsaufnahmen im seitlichen (a, b) und anteroposterioren Strahlengang (c). 3° Varusstellung im OSG bei normaler Valgusstellung des Rückfußes von 5° der gesunden Gegenseite, so dass sich in diesem Fall ein pathologischer Rückfußvarus von 8° ergibt. 14° Equinusstellung im Vergleich zur physiologischen individuellen Position. Die Achsdefinition von Nichtröhrenknochen ist generell sehr problematisch und stellt einen nicht standardisierten, subjektiv beeinflussten Vorgang dar. Dabei wird wie bei den Röhrenknochen versucht, das Zentrum von beiden „Enden“ zu verbinden.

niert in der beschriebenen Form nur mit Navigationssystemen, welche zweidimensionale (2-D) Module mit möglicher separater Navigation von Fragmenten erlauben. Dabei ist systembedingt die Präzision durch permanente Verifikation zu überprüfen. Das optional integrierte 3-D-Modul erlaubt die intraoperative 3-D-Bildgebung zur Kontrolle der Stellung und Implantatlage.

- Gerade und gekröpfte Meißel.
- Arthrodesenspreizer.
- Gegebenenfalls Fräse zur Entknorpelung (z.B. E-pen, Synthes, Umkirch).

### Anästhesie und Lagerung

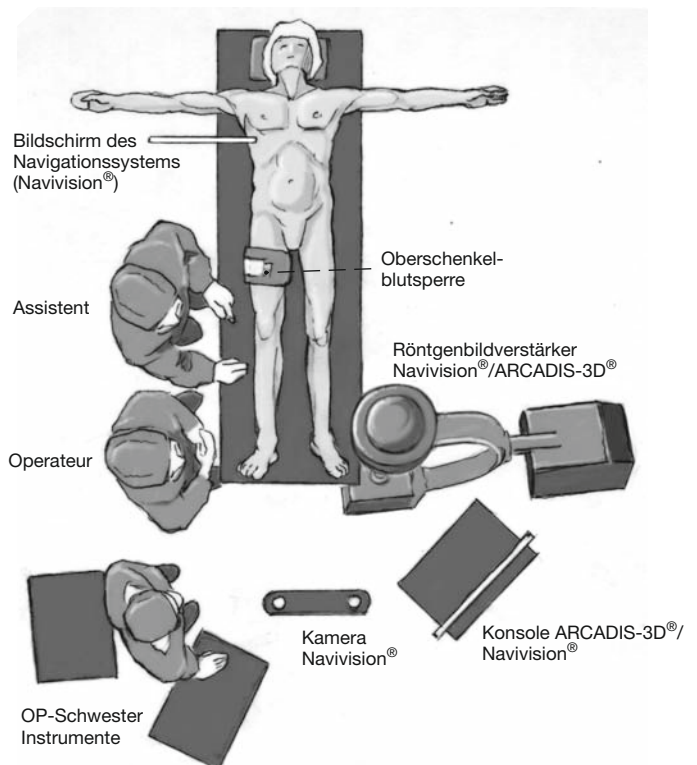
- Allgemeinanästhesie oder Spinal-/Periduralanästhesie.
- Rückenlagerung mit an der Tischkante überstehender Ferse.
- Oberschenkelblutsperr.
- Abkleben und Vorreinigen des ipsilateralen ventralen Beckenkamms und des kompletten Unterschenkels.

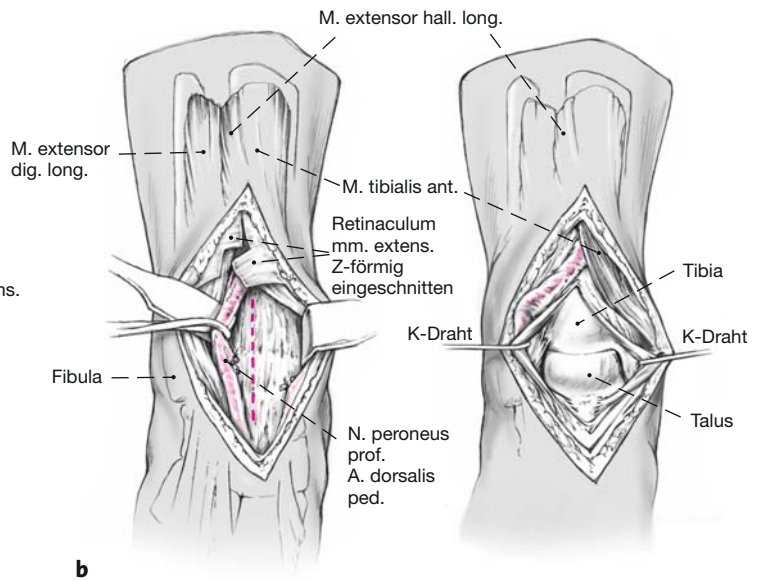
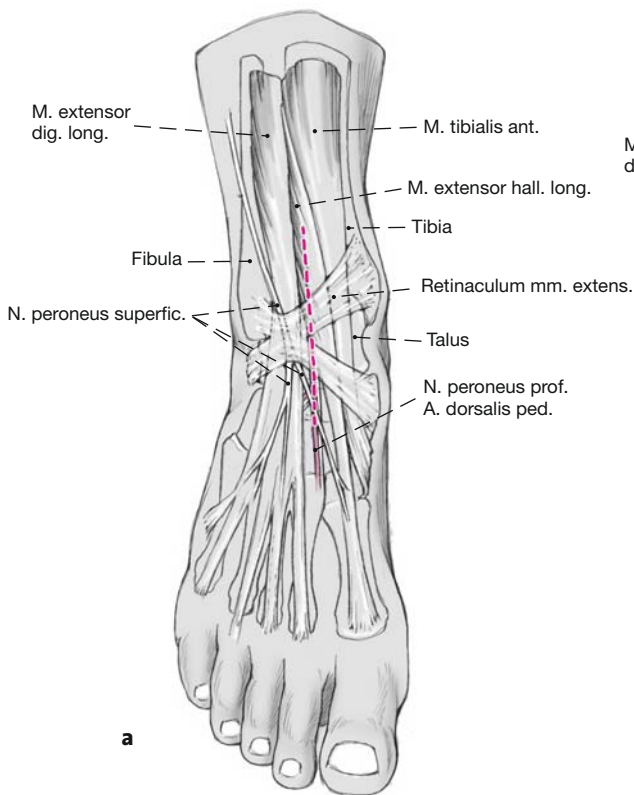
## Operationstechnik

Abbildungen 2 bis 10

### Abbildung 2

Lagerung des Patienten und Positionierung von Navigationssystem (Navivision®, Fa. Brainlab, Heimstetten) inklusive Röntgenbildverstärker (ARCADIS-3D®, Siemens, Erlangen) und Personal. Der Navigationsmonitor wird im Idealfall direkt am Operationstisch befestigt und steril bezogen. Die Positionierung aller Geräte und des kompletten Personals muss so erfolgen, dass von der Kamera „freie Sicht“ auf die dynamischen Referenzbasen (DRBs) und den ARCADIS-3D®-Strahlendetektor besteht.

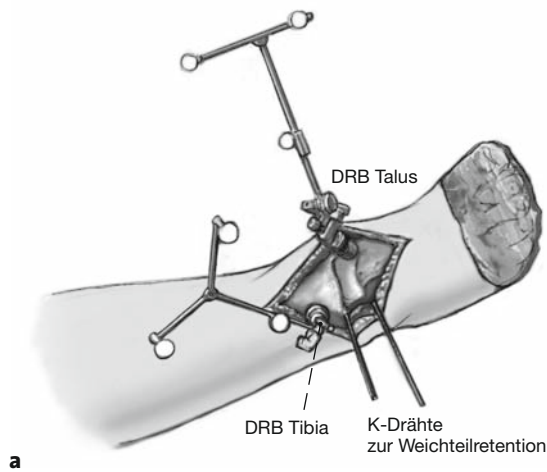




**Abbildungen 3a und 3b**

Ventraler Zugang zum OSG nach Auswickeln mit Esmarch-Binde und Insufflation der Blutleere mit 350 mmHg (a). Optional ist auch die Verwendung einer Blutsperre oder die Operation ohne Blutleere/-sperre möglich. Hierbei Z-förmiges Einschneiden des Retinaculum musculorum extensorum zum leichteren späteren Verschluss (b). Der Zugang liegt in der Tiefe je nach Sehnenverlauf zwischen den Sehnen des Musculus tibialis an-

terior und Musculus extensor hallucis longus oder zwischen den Sehnen des Musculus extensor hallucis longus und Musculus extensor digitorum longus. Die Arteria dorsalis pedis sollte in jedem Fall nach lateral gehalten werden, da sie vor allem die lateralen Strukturen versorgt, während die medialen Strukturen auch mit aus Ästen der Arteria tibialis posterior versorgt werden.



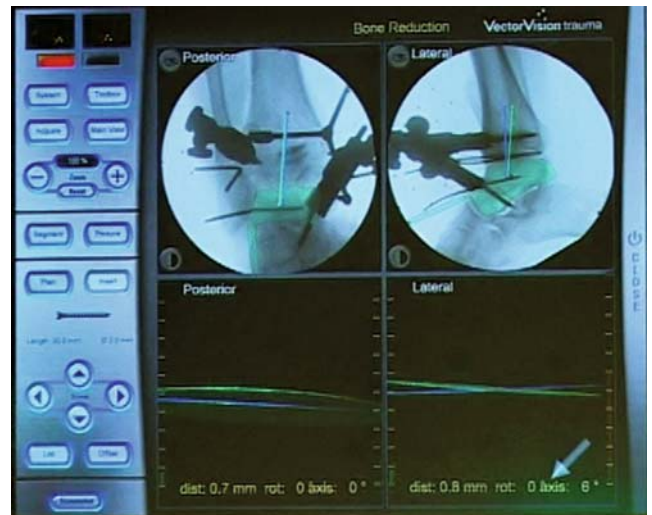
**Abbildungen 4a und 4b**

Platzierung der DRBs in die distale Tibia und den Talushals (a). Zur Fixation der DRBs werden 5 mm dicke Schanz-Schrauben verwendet. Optional können auch 4 mm dicke Schanz-Schrauben zum Einsatz kommen. Nach Platzierung der DRBs erfolgt

die 2-D-Bildakquisition zur Navigation. Dafür muss der sog. 2-D-Navigationskäfig an den Detektor des ARCADIS-3D® angebracht werden. Es wird je ein Bild im anteroposterioren und im seitlichen Strahlengang (b) akquiriert. Danach erfolgt die Verifikation mit dem Pointer.

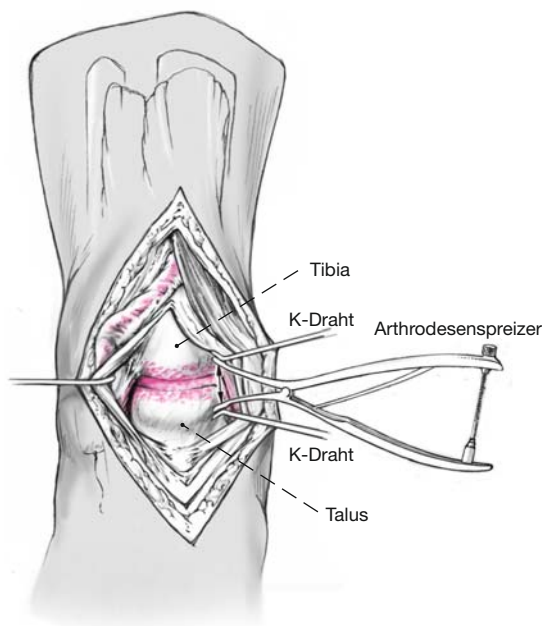
**Abbildung 5**

Festlegung der Achsen der beiden Knochen Tibia (blau) und Talus (grün), die im Verhältnis zueinander navigiert werden (links anteroposterioren Strahlengang; rechts: seitlicher Strahlengang). Festlegung des Korrekturausmaßes anhand der präoperativen Planung. In vorliegendem Fall sind dies 8° Valgisierung und 14° Dorsalexension im OSG.



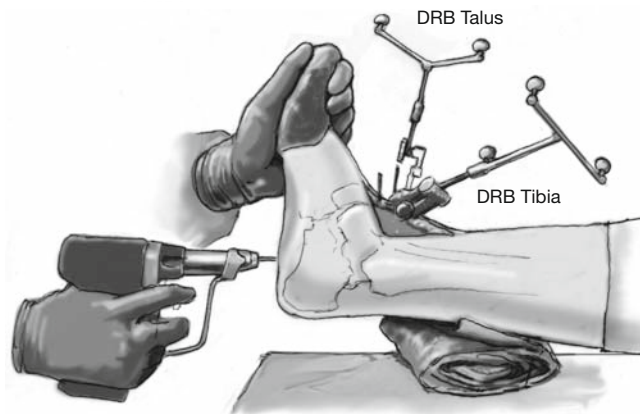
**Abbildung 6**

Darstellung des OSG und Entknorpelung. Gegebenenfalls Einsetzen eines Arthrodesenspreizers. Hierfür haben sich 2,0 mm dicke Kirschner-Drähte als Widerlager in den benachbarten Knochen bewährt. So kann das ganze Gelenk exponiert werden, ohne dass der Arthrodesenspreizer im Gelenk selbst liegt und die Entknorpelung u.Ä. behindert. Für die Entknorpelung haben sich vor allem gekröpfte Meißel bewährt. Nach der Entknorpelung kann eine mehrfache Durchbrechung des subchondralen Knochens mit einem 2,0 mm dicken Bohrer die Durchblutung verbessern. Dabei sollte jedoch entweder mit geringer Umdrehungszahl und/oder mit Kühlspülung vorgegangen werden, um Hitzenekrosen zu vermeiden. Gegebenenfalls perkutane Verlängerung der Achillessehne oder Gastrocnemiuslücke bei Verkürzung dieser Strukturen, die sonst die notwendige Neutralstellung im OSG nicht zulassen.



**Abbildung 7**

Navigationsgestützte Korrektur und Transfixation des Korrekturergebnisses mit 2 mm dicken Kirschner-Drähten. In diesem Fall wurde im OSG 8° valgisiert und 14° dorsalextendiert. Danach Auffüllen des Defekts im Gelenk mit Spongiosa von der proximalen Tibia oder dem Beckenkamm.





**Abbildungen 8a und 8b**

2-D-Bildakquisition zur Planung der Bohrkanäle für die Schraubeninsertion. Planung des Schraubenverlaufs (a). Zwei Schrauben sollen von der Tibia anterolateral parallel in den posterioren Teil des Taluskörpers verlaufen. Eine Schraube verläuft von

posteromedial zwischen den beiden parallelen Schrauben hindurch in den Talushals/-kopf, eine weitere Schraube von lateral über die Fibula zwischen den anderen Schrauben hindurch in den medialen Taluskörper. Navigationsgestützter Bohrvorgang (b).

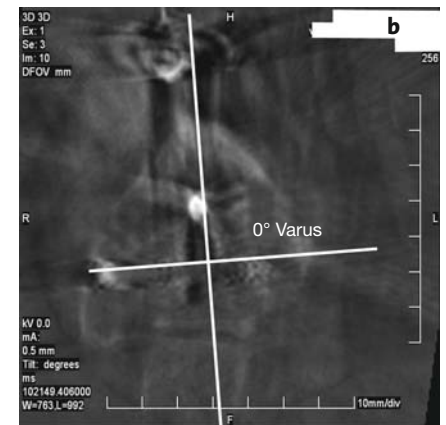
**Abbildungen 9a und 9b**

3-D-Bilder nach Schraubeninsertion.

a) Parakoronare Reformation.

b) Parasagittale Reformation.

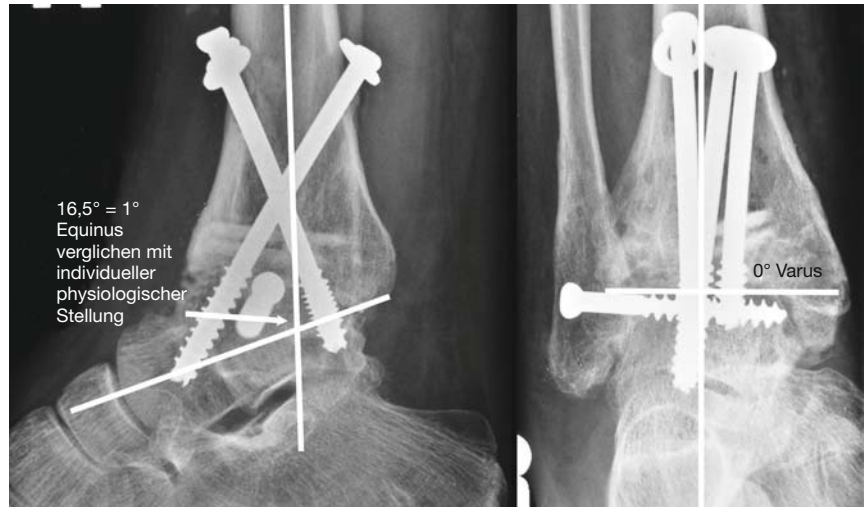
Bei korrekter Position optional Einlage einer Drainage und schichtweiser Wundverschluss.





**Abbildung 10**

Röntgenbilder postoperativ.



### Postoperative Behandlung

- Postoperativ Anlage einer Orthese (z.B. Vacuped®, Fa. OPED, Valley).
- Hochlagerung des Beins.
- Ab dem 1. postoperativen Tag Mobilisation in Orthese mit 15 kg Teilbelastung möglich.
- Postoperative Röntgenkontrolle am 1. oder 2. Tag.
- Entfernung der Drainage am 2. postoperativen Tag.
- Entfernung des Hautnahtmaterials am 12. postoperativen Tag.
- 6 Wochen Teilbelastung mit 15 kg an Unterarmgehstützen in der Orthese.
- Optionale Lagerungsschiene.
- Nach 6 Wochen in Abhängigkeit vom radiologischen Verlauf Weglassen der Orthese und Übergang zur Vollbelastung im festen Konfektionsschuh.

### Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Verbleibende Deformität oder andere Deformität, so dass kein plantigrader Fuß erreicht wurde.
- Verletzung des Nervus suralis im Zugangsbereich oder an der Stichinzision über dem Kalkaneus.
- Prominente Schraubenköpfe an den Eintrittspunkten mit resultierende Schmerzen in diesen Bereichen.
- Fehlfunktion des Navigationssystems.
- Infektion.
- Pseudarthrose.
- Chronisches regionales Schmerzsyndrom.
- Wundheilungsstörung.

### Behandlungsoptionen

- Bauchlage und posterolateraler Zugang.
- Arthroskopisches Vorgehen, was aber nur bei minimaler Fehlstellung möglich und sinnvoll ist.

- Interne Fixierung mit Platten- oder Nagelsystemen oder externe Fixierung.

### Ergebnisse

Vom 01.09.2006 bis 31.08.2008 wurden in unserer Klinik 24 Korrekturarthrodesen des OSG wie beschrieben durchgeführt. 18 Patienten waren männlich, und das mittlere Alter zum Zeitpunkt des Eingriffs betrug 42 Jahre (19–73 Jahre). Tabelle 1 zeigt das Ausmaß der Deformitäten. Der mittlere präoperative American Orthopaedic Foot and Ankle Association Hindfoot Score (AOFAS Hindfoot) betrug 51 Punkte (31–76 Punkte bei maximal erreichbaren 100 Punkten), die mittlere Visual Analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) 52 Punkte (22–82 Punkte bei maximal möglichen 100 Punkten) [4, 7]. Der Zeitaufwand für den navigierten Korrekturvorgang, d.h. Platzieren der DRBs, Bildakquisition, Planung und navigationsgestützte Korrektur bis zur Transfixation zur Sicherung des Korrekturergebnisses, lag im Schnitt bei 8 min (5–19 min). Der Zeitaufwand für die navigierten Bohrungen für die Schrauben, d.h. Bildakquisition, Planung, Referenzierung von Bohrmaschine, Bohrer und Bohrhülse sowie navigierte Bohrungen, belief sich im Schnitt auf 10 min (6–28 min).

In dieser Serie traten in 23 Fällen (96%) keine navigationsassoziierten Probleme oder Komplikationen auf. In einem Fall (4%, Fall 19, Tabelle 1) kam es zu einer Fehlfunktion des Navigationssystems, so dass der Navigationsvorgang abgebrochen und der Eingriff ohne Navigation durchgeführt wurde. Die Analyse der Genauigkeit durch Vergleich der im präoperativen CT geplanten Korrektur und der im intraoperativen ARCADIS-3D®-Scan gemessenen erreichten Korrektur zeigte eine Abweichung von maximal 2° oder 2 mm für die Fälle ohne Navigationsfehlfunktion (Tabelle 1). In dem Fall mit Navigationsfehlfunk-

**Tabelle 1**

Stellung vor Korrektur, geplante Korrektur, erreichte Stellung und Abweichung von geplanter Korrektur. D: Dorsalextensionsstellung des Talus; DV: Verschiebung des Talus nach dorsal; E: Equinusstellung des Talus; LatV: Verschiebung des Talus nach laterl; MedV: Verschiebung des Talus nach medial; Valgis: Valgisstellung des Talus; Valgis: Valgisierung des Talus; Varis: Varisstellung des Talus; Varis: Varisation des Talus; VV: Verschiebung des Talus nach ventral.

Fall	Stellung vor Korrektur	Geplante Korrektur	Erreichte Stellung	Abweichung
1	E 12°	D 12°	E 2°	2°
	Varis 4°	Valgis 4°	Varis -1°	1°
	LatV 6 mm	MedV 6 mm	LatV -1 mm	1 mm
2	E 16°	D 16°	E -1°	1°
	Valgis 8°	Varis 8°	Valgis 0°	0°
	VV 10 mm	DV 10 mm	VV 1 mm	1 mm
3	E 12°	D 12°	E 0°	0°
	DV 10 mm	VV 10 mm	DV 1 mm	1 mm
4	E 10°	D 10°	E 1°	1°
	Varis 4°	Valgis 4°	Varis -1°	1°
	LatV 6 mm	MedV 6 mm	LatV -1 mm	1 mm
5	E 16°	D 16°	E -1°	1°
	Valgis 8°	Varis 8°	Valgis 0°	0°
	VV 10 mm	DV 10 mm	VV 1 mm	1 mm
6	E 14°	D 12°	E 2°	2°
	DV 10 mm	VV 10 mm	DV 1 mm	1 mm
7	E 3°	D 10°	E 1°	1°
	Varis 45°	Valgis 45°	Varis -2°	2°
	LatV 28 mm	MedV 28 mm	LatV -2 mm	2 mm
8	E 19°	D 19°	E -1°	1°
	Valgis 8°	Varis 8°	Valgis 0°	0°
	VV 10 mm	DV 10 mm	VV 1 mm	1 mm
9	E 32°	D 32°	E 0°	0°
	DV 18 mm	VV 18 mm	DV 1 mm	1 mm
10	E 10°	D 10°	E 2°	2°
	Varis 8°	Valgis 8°	Varis -1°	1°
	LatV 6 mm	MedV 6 mm	LatV -2 mm	2 mm
11	E 19°	D 19°	E -1°	1°
	Valgis 7°	Varis 7°	Valgis 0°	0°
	VV 10 mm	DV 10 mm	VV 1 mm	1 mm
12	E 22°	D 22°	E 0°	0°
	DV 10 mm	VV 10 mm	DV 2 mm	2 mm
13	E 34°	D 34°	E 2°	2°
	Varis 6°	Valgis 6°	Varis -1°	1°
	LatV 6 mm	MedV 6 mm	LatV -1 mm	1 mm
14	E 14°	D 14°	E -1°	1°
	Varis 5°	Valgis 5°	Varis 0°	0°
15	E 48°	D 48°	E 0°	0°
16	E 2°	D 2°	E 1°	1°
	Varis 4°	Valgis 4°	Varis -1°	1°
	LatV 8 mm	MedV 8 mm	LatV -1 mm	1 mm
17	E 26°	D 26°	E 2°	2°
	Valgis 6°	Varis 6°	Valgis 0°	0°
	VV 10 mm	DV 10 mm	VV 1 mm	1 mm
18	E 22°	D 22°	E 0°	0°
	LatV 10 mm	MedV 10 mm	DV 1 mm	1 mm
19+	E 20°	D 20°	E 5°	5°
20	LatV 6 mm	MedV 6 mm	LatV 3 mm	3 mm
	E 9°	D 9°	E -1°	1°
21	Varis 15°	Valgis 15°	Varis 0°	0°
	E 28°	D 28°	E 0°	0°
22	E 12°	D 12°	E 2°	2°
	Varis 5°	Valgis 5°	Varis -1°	1°
23	E 14°	D 14°	E 1°	1°
	Varis 8°	Varis 8°	Varis 0°	0°
24	E 25°	D 25°	E 2°	2°
	LatV 6 mm	MedV 6 mm	LatV 2 mm	2 mm

tion betrug die Abweichung der erreichten Korrektur von der geplanten Korrektur 5° bzw. 3 mm. Bei zwei Patienten trat eine Wundheilungsstörung auf, die jedoch ohne weitere chirurgische Intervention abheilte.

Die ersten 20 Patienten wurden nach 1 Jahr nachuntersucht. In allen Fällen war eine Durchbauung eingetreten, und die mittleren Scores waren im Vergleich zu den präoperativen Werten deutlich verbessert (AOFAS Hindfoot 79 Punkte [65–92 Punkte] bei maximal erreichbaren 92 Punkten bei versteiftem OSG; VAS FA 85 Punkte [64–96 Punkte] bei maximal erreichbaren 100 Punkten). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde die Genauigkeit der noch bestehenden Korrektur mittels CT analysiert. Dabei konnten keine relevanten Abweichungen im Vergleich zur intraoperativen 3-D-Analyse mittels ARCADIS-3D<sup>®</sup> festgestellt werden (Abweichung maximal 2 mm oder 2°). Eine vergleichbare Genauigkeitsanalyse ist derzeit nicht publiziert. Die im aktuellen Schrifttum beschriebenen klinischen Nachuntersuchungsergebnisse weichen von unseren nicht relevant ab [3]. Dabei ist jedoch nicht klar, ob es sich wirklich um vergleichbare Patienten und Deformitäten handelt. Weiterhin fehlen bei uns noch Nachuntersuchungsergebnisse mit einem adäquaten Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 5 Jahren.

## Literatur

1. Dahlen C, Zwipp H. Computer-assistierte OP-Planung 3D-Software für den PC. Unfallchirurg 2001;104:466–79.
2. Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, et al. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. Clin Orthop 2005;433:152–9.
3. Hintermann B, Knupp M, Barg A. Korrekturosteotomien am distalen Unterschenkel und Rückfuß. Orthopäde 2008;37:212–3.
4. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, et al. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot Ankle Int 1994;15:349–53.
5. Richter M, Mattes T, Cakir B. Computer-assisted posterior instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine. Eur Spine J 2004;13:50–9.
6. Richter M, Zech S. Computer assisted surgery (CAS) guided arthrodesis of the foot and ankle: an analysis of accuracy in 100 cases. Foot Ankle Int 2008;29:1235–42.
7. Richter M, Zech S, Geerling J, et al. A new foot and ankle outcome score: questionnaire based, subjective, visual-analogue-scale, validated and computerized. Foot Ankle Surg 2006;12:191–9.
8. Zwipp H. Chirurgie des Fusses. Berlin–Heidelberg–New York–Wien: Springer, 1994.

## Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Martinus Richter  
 II. Chirurgische Klinik  
 Unfallchirurgie, Orthopädie und Fußchirurgie  
 Klinikum Coburg  
 Ketschendorfer Straße 33  
 96450 Coburg  
 Telefon (+49/9561) 22-6246, Fax -6209  
 E-Mail: martinus.richter@klinikum-coburg.de